

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Томский политехнический университет



ISSN 1684-8519

# ИЗВЕСТИЯ

## ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Том 308, № 7, 2005

ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ  
г.Томск

# ИЗВЕСТИЯ ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

## Редакционный совет:

Похолков Ю.П. (председатель)  
Власов В.А. (зам. председателя)  
Беляев С.А.  
Бойко В.И.  
Гвоздев Н.И.  
Дедюх Р.И.  
Евтушенко Г.С.  
Клименов В.А.  
Лопатин В.В.  
Мазуров А.К.  
Онищук Л.Н.  
Погребенков В.М.  
Рубанов В.Г.  
Рябчиков А.И.  
Сидуленко О.А.  
Суржиков А.П.  
Тюрин Ю.И.

## Редакционная коллегия:

Власов В.А. (главный редактор)  
Коробейников А.Ф. (зам. главного редактора)  
Могильницкий С.Б. (ученый секретарь)  
Барышева Г.А.  
Заворин А.С.  
Ивлев Е.Т.  
Корниенко А.А.  
Кривобоков В.П.  
Лисицын В.М.  
Погребной В.К.  
Потылицын А.П.  
Усов Ю.П.  
Филимонов В.Д.

Журнал зарегистрирован Министерством  
Российской Федерации по делам печати,  
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.  
Свидетельство ПИ № 77-16615 от 24 октября 2003 г.  
Учредитель: Томский политехнический университет

© Томский политехнический университет, 2005  
Все права защищены.

# BULLETIN OF THE TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY

## Editorial Board:

Yu.P. Pokholkov, Chairman  
V.A. Vlasov, Deputy Chairman  
S.A. Byelyaev  
V.I. Boiko  
N.I. Gvozdev  
R.I. Dedukh  
G.S. Yevtushenko  
V.A. Klimenov  
V.V. Lopatin  
A.K. Mazurov  
L.N. Onishuk  
V.M. Pogrebenkov  
V.G. Rubanov  
A.I. Ryabchikov  
O.A. Sidulenko  
A.P. Surzhikov  
Yu.I. Tyurin

## Editorial:

V.A. Vlasov, Editor-in-Chief  
A.F. Korobeinikov, Deputy Editor-in-Chief  
S.B. Mogilnitsky, Science Secretary  
G.A. Barysheva  
A.S. Zavorin  
E.T. Ivlev  
A.A. Kornienko  
V.P. Krivobokov  
V.M. Lisitzyn  
V.K. Pogrebnoy  
A.P. Potylitzin  
Yu.P. Usov  
V.D. Filimonov

Журнал рассылается в адреса 50-и библиотек РФ,  
США, ФРГ, Великобритании, Франции и 9-и стран  
ближнего зарубежья

Полнотекстовый доступ к электронной версии  
журнала возможен на сайтах ООО «Научная  
электронная библиотека», [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru),  
[www.e-elibrary.ru](http://www.e-elibrary.ru)

© Tomsk Polytechnic University, 2005  
All rights reserved.

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

### ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

- Математическая модель электрического отклика на акустическое возбуждение композиционных материалов**  
Суржиков А.П., Фурса Т.В., Хорсов Н.Н.
- Исследование взаимосвязи структурных характеристик слоистых композиционных материалов с параметрами электрического отклика на импульсное механическое возбуждение**  
Фурса Т.В., Суржиков А.П., Хорсов Н.Н., Осипов К.Ю., Зацепин В.А.
- Моделирование упругопластических волновых процессов в диэлектрических лабораторных образцах**  
Беспалько А.А., Люкшин Б.А., Матолыгина Н.Ю., Уцын Г.Е., Фурса Т.В.
- Связь параметров электромагнитных сигналов с электрическими характеристиками горных пород при акустическом и квазистатическом воздействиях**  
Беспалько А.А., Яворович Л.В., Федотов П.И.
- Изменение микротвердости ферритовой керамики при облучении сильноточным импульсным пучком низкоэнергетических электронов**  
Суржиков А.П., Франгульян Т.С., Гынгазов С.А., Коваль Н.Н., Девятков В.Н.
- Влияние включений оксида алюминия на магнитный фазовый переход в ферритовой керамике 3С418**  
Усманов Р.У.
- Физическая модель спекания и модифицирования керамики в высокочастотных и сверхвысокочастотных полях**  
Анненков Ю.М., Ивашутенко А.С.
- Электрические свойства корундо-циркониевой керамики**  
Анненков Ю.М., Кабышев А.В., Ивашутенко А.С., Власов И.В.
- Эффективность методов прессования корундо-циркониевых порошков различной дисперсности**  
Анненков Ю.М., Иванов В.В., Ивашутенко А.С., Кондратюк А.А.
- Нанесение функциональных покрытий на металлические поверхности с помощью гибридного коаксиального магнетоплазменного ускорителя**  
Сайгаш А.С., Герасимов Д.Ю., Сивков А.А.
- Оптические свойства поликристаллического оксида алюминия после облучения ионами хрома и отжига**  
Кабышев А.В., Конусов Ф.В.
- Исследование процессов объемного распада пересыщенного твердого раствора Al – 4 мас. % Cu при облучении ионами Ar<sup>+</sup> с энергией 20 кэВ**  
Гущина Н.В., Овчинников В.В., Голобородский Б.Ю., Чемеринская Л.С.
- Изменение дислокационной структуры и фазового состава сплава AlMg6 при облучении ионами Ar<sup>+</sup> с энергией 40 кэВ**  
Школьников А.Р., Овчинников В.В., Гущина Н.В., Махинько Ф.Ф., Чемеринская Л.С., Можаровский С.М., Козловских В.А., Каигородова Л.И.
- Пространственное распределение и атомное строение радиационных повреждений в облученной нейтронами платине**  
Ивченко В.А., Попова Е.В., Овчинников В.В., Козлов А.В.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Генерирование мощных импульсов тока электромеханическими источниками с изменяющейся индуктивностью**  
Носов Г.В.
- Учет физических особенностей передачи энергии по элементу электрической сети в алгоритмах расчета установившихся режимов**  
Слюсаренко С.Г.

### NATURAL SCIENCES

- 6 Mathematical model of electrical response to composite materials acoustic excitation**  
A.P. Surzhikov, T.V. Fursa, N.N. Khorsov
- 10 Studying interconnections of structural characteristics of layer-type composite materials with the parameters of electrical response to impulse mechanical excitation**  
T.V. Fursa, A.P. Surzhikov, N.N. Khorsov, K.Yu. Osipov, V.A. Zatsepin
- 13 Simulating elastoplastic wave processes in dielectric laboratory samples**  
A.A. Bespalko, B.A. Lyukshin, N.Yu. Matolygina, G.E. Utsin, T.V. Fursa
- 18 Connection of electromagnetic signals parameters with electrical characteristics of rocks at acoustic and quasi-static exposure**  
A.A. Bespalko, L.V. Yavorovich, P.I. Fedotov
- 23 Microhardness change of ferritic ceramics when exposed to irradiation by a high-current impulse beam of low energy electrons**  
A.P. Surzhikov, T.S. Frangulyan, S.A. Gyngazov, N.N. Koval, V.N. Devyatkov
- 27 Influence of aluminum oxide inclusions on magnetic phase transition in ferritic ceramics 3C418**  
R.U. Usmanov
- 30 Ceramics sintering and modifying in high-frequency and ultra-high-frequency fields**  
Yu.M. Annenkov, A.S. Ivashutenko
- 35 Electric properties of corundum-zirconium ceramics**  
Yu.M. Annenkov, A.V. Kabyshev, A.S. Ivashutenko, I.V. Vlasov
- 39 Efficiency of various compaction methods of corundum-zirconium powders with different dispersion degrees**  
Yu.M. Annenkov, V.V. Ivanov, A.S. Ivashutenko, A.A. Kondratyuk
- 43 Applying functional coatings to metallic surfaces by hybrid coaxial magnetoplasma accelerator**  
A.S. Saigash, D.Yu. Gerasimov, A.A. Sivkov
- 48 Optical properties of polycrystalline aluminum oxide after radiating by chrome ions and annealing**  
A.V. Kabyshev, F.V. Konusov
- 53 Studying the processes of volume decomposition of oversaturated solid solution Al – 4 mas. % Cu at radiating by Ar<sup>+</sup> ions with energy 20 keV**  
N.V. Guschina, V.V. Ovchinnikov, B.Yu. Goloborodsky, L.S. Chemerinskaya
- 58 Changes of dislocation structure and phase composition of the alloy AlMg6 when exposed to radiation by Ar<sup>+</sup> ions with energy 40 keV**  
A.R. Shkolnikov, V.V. Ovchinnikov, N.V. Guschina, F.F. Makhinko, L.S. Chemerinskaya, S.M. Mozharovsky, V.A. Kozlovskikh, L.I. Kaigorodova
- 65 Spatial distribution and atomic structure of radiation damages platinum radiated by neutrons**  
V.A. Ivchenko, E.V. Popova, V.V. Ovchinnikov, A.V. Kozlov

### TECHNICAL SCIENCES

- 68 Generating powerful current impulses by electromechanical variable inductance sources**  
G.V. Nosov
- 70 Account of physical features of energy transmission through the electric network element in calculation algorithms of steady state modes**  
S.G. Slyusarenko

|   |            |  |
|---|------------|--|
| <b>Энергетические спектры напряжений и токов узлов нагрузки</b><br>Харлов Н.Н.  | <b>75</b>  | <b>Energy spectrums of voltages and load node currents</b><br>N.N. Kharlov   |
| <b>Спектральный анализ токов (напряжений) в однофазных и трехфазных цепях с помощью вольт-амперных характеристик</b><br>Гольдштейн Е.И., Сулайманов А.О., Бацева Н.Л.   | <b>80</b>  | <b>Spectral analysis of currents (voltages) in one-phase and three-phase circuits using volt-ampere characteristics</b><br>E.I. Goldshtein, A.O. Sulaimanov, N.L. Batseva                        |
| <b>Определение неактивной мощности и ее составляющих по массивам мгновенных значений токов и напряжений</b><br>Сулайманов А.О., Гольдштейн Е.И.   | <b>82</b>  | <b>Definition of inactive capacity and its components according to arrays of current and voltage instantaneous values</b><br>A.O. Sulaimanov, E.I. Goldshtein                                    |
| <b>Определение оптимальной формы воздействующего импульса озонатора</b><br>Исаев Ю.Н., Колчанова В.А., Шпильная О.П., Кулешова Е.О.   | <b>87</b>  | <b>Definition of the ozonizer influencing pulse optimum shape</b><br>Yu.N. Isaev, V.A. Kolchanova, O.P. Shpilnaya, E.O. Kuleshova  |
| <b>Томографический метод расчета распределения заряда и емкостей плоских электродов неканонической формы</b><br>Исаев Ю.Н., Шпильная О.П., Кулешова Е.О.  | <b>91</b>  | <b>Tomography calculation method of discharge and volumes of apocryphal flat electrodes distribution</b><br>Yu.N. Isaev, O.P. Shpilnaya, E.O. Kuleshova  |
| <b>Влияние конфигурации электродов вакуумных разрядников на их эрозию</b><br>Лавринович В.А.  | <b>96</b>  | <b>Electrode geometry of vacuum lightning arrester influence on their erosion</b><br>V.A. Lavrinovich  |
| <b>Коммутатор для цепей постоянного тока с индуктивной нагрузкой</b><br>Пустынников С.В.  | <b>101</b> | <b>Commutator for the direct current circuits with the inductive load</b><br>S.V. Pustynnikov  |
| <b>Анализ комммутирующих свойств обмоток якорей электроприводов на завершающей стадии процесса коммутации</b><br>Качин С.И., Боровиков Ю.С., Качин О.С., Саблуков В.Ю., Клыжко Е.Н.   | <b>103</b> | <b>The analysis of commutating properties of the electric drive armature coils at commutation completion stage</b><br>S.I. Kachin, Yu.S. Borovikov, O.S. Kachin, V.Yu. Sablukov, E.N. Klyzhko    |
| <b>Мониторинг щеточно-коллекторного узла тягового электродвигателя при эксплуатации</b><br>Осадченко А.А., Цукублин А.Б., Рапопорт О.Л.   | <b>107</b> | <b>Monitoring of brush and collector assembly of the propulsion electric drive during its operation</b><br>A.A. Osadchenko, A.B. Tsukublin, O.L. Rapoport  |
| <b>Анализ результатов экспериментального исследования системы управления вибрационным электромагнитным активатором при работе в различных средах</b><br>Бекишев Р.Ф., Глазырин А.С., Карагодин П.А., Цурпал С.В., Шелестюк Д.В. | <b>109</b> | <b>Analysis of experiment research on vibrating electromagnetic activator control system in different mediums</b><br>R.F. Bekishev, A.S. Glazyrin, P.A. Karagodin, S.V. Tsurpal, D.V. Shelestyuk |
| <b>Математическая модель системы автоматического управления вибрационным электромагнитным активатором</b><br>Бекишев Р.Ф., Глазырин А.С., Цурпал С.В.   | <b>112</b> | <b>Mathematical model of the automatic control system by vibrating electromagnetic activator</b><br>R.F. Bekishev, A.S. Glazyrin, S.V. Tsurpal   |
| <b>Зависимое управление роторным преобразователем в надсинхронном вентильном каскаде</b><br>Дементьев Ю.Н., Расстригин А.А.   | <b>116</b> | <b>Dependent control over rotor converter in an hypersynchronous cascade</b><br>Yu.N. Dementiev, A.A. Rasstrigin   |
| <b>Оптимизация контуров регулирования систем электропривода по типовым методикам</b><br>Кояин Н.В., Мальцева О.П., Удут Л.С.  | <b>120</b> | <b>The contour loop of electric drive system optimization by standard methods</b><br>N.V. Koyain, O.P. Maltseva, L.S. Udut   |
| <b>Оптимизация контуров регулирования систем электропривода по симметричному оптимуму</b><br>Кояин Н.В., Мальцева О.П., Удут Л.С.   | <b>126</b> | <b>The contour loop of the electric drive system optimization by symmetric optimum</b><br>N.V. Koyain, O.P. Maltseva, L.S. Udut  |
| <b>Энергосберегающая модификация векторного управления асинхронного двигателя</b><br>Гарганеев А.Г., Яровой А.Т., Бабушкина Л.Ю., Каракулов А.С., Ланграф С.В., Расстригин А.А.   | <b>130</b> | <b>Energy-saving vector control modification of induction motors</b><br>A.G. Garganeev, A.T. Yarovoy, L.Yu. Babushkina, A.S. Karakulov, S.V. Langraf, A.A. Rasstrigin                            |
| <b>Энергоэффективные асинхронные двигатели для регулируемого электропривода</b><br>Муравлева О.О.   | <b>135</b> | <b>Power effective induction motors for a controlled-velocity electric drive</b><br>O.O. Muravleva   |
| <b>Моделирование работы многофазных асинхронных двигателей в аварийных режимах эксплуатации</b><br>Глухов Д.М., Муравлёва О.О.  | <b>139</b> | <b>Multiphase induction motors simulation at emergency operation modes</b><br>D.M. Glukhov, O.O. Muravleva   |
| <b>Повышение живучести частотно-регулируемого асинхронного электропривода</b><br>Однокопылов Г.И., Однокопылов И.Г.   | <b>143</b> | <b>Survivability increase of variable-frequency asynchronous electric drive</b><br>G.I. Odnokopylov, I.G. Odnokopylov  |
| <b>Математическая модель частотно-регулируемого асинхронного двигателя</b><br>Баклин В.С., Гимпельс А.С.  | <b>148</b> | <b>Mathematical model of frequency-regulated asynchronous engine</b><br>V.S. Baklin, A.S. Gimpels  |
| <b>Испытания асинхронных машин методом взаимной нагрузки</b><br>Бейерлейн Е.В., Рапопорт О.Л., Цукублин А.Б.  | <b>153</b> | <b>Testing of asynchronous machines by loading-back method</b><br>E.V. Beierlein, O.L. Rapoport, A.B. Tsukublin  |
| <b>Моделирование теплового состояния тягового электродвигателя для прогнозирования ресурса</b><br>Щербатов В.В., Рапопорт О.Л., Цукублин А.Б.   | <b>156</b> | <b>Modeling of drive motor thermal state to forecast the recourse</b><br>V.V. Scherbatov, O.L. Rapoport, A.B. Tsukublin  |
| <b>Динамические характеристики синхронного гибридного электродвигателя</b><br>Муравлев О.П., Верхотуров А.И., Големгрейн В.В.   | <b>160</b> | <b>Dynamical characteristics of synchronous hybrid electric motor</b><br>O.P. Muravlev, A.I. Verkhoturov, V.V. Golemgrein  |

|   |     |   |
|---|-----|---|
| Опыт разработки герметичных электромашинных источников питания инклинометрических устройств<br>Леонов С.В., Муравлев О.П., Каранкевич А.Г.                            | 162 | Experience of development of hermetical electrical machines power sources of directional device<br>S.V. Leonov, O.P. Muravlev, A.G. Karankevich                     |
| Применение систем бесперебойного электропитания в экстренной медицине<br>Гарганеев А.Г.   | 166 | Application of continuity of service system in urgent medicine<br>A.G. Garganeev  |
| Исследование внутренних механических напряжений в пропиточных и заливочных лаках<br>Дудкин А.Н., Ким В.С., Марьин С.С.  | 171 | Research of internal mechanical stress in filling and dipping varnish<br>A.N. Dudkin, V.S. Kim, S.S. Maryin   |
| Тепловой расчет электрических машин закрытого исполнения с естественным охлаждением и оребренным корпусом<br>Жадан В.А., Говязова С.В.                                | 174 | Thermal calculation for totally-enclosed electrical machines with natural cooling system and finned body<br>V.A. Zhadan, S.V. Govyazova                             |
| Цифровая трехфазная динамическая модель электрической системы с тепловыми энергоблоками<br>Заподовников К.И., Савин Д.А., Тановицкий Ю.Н.                             | 179 | Digital three-phase dynamic model of electric system with thermal power plant<br>K.I. Zapodovnikov, D.A. Savin, Yu.N. Tanovitski                                    |
| Эксплуатационная надежность турбогенератора в составе системы электроснабжения предприятия<br>Гурин Т.С., Маркман Г.З., Харлов Н.Н.                                   | 184 | Turbogenerator operational reliability being part of enterprise power-supply system<br>T.S. Gurin, G.Z. Markman, N.N. Kharlov                                       |
| Вероятностная модель электрических процессов при дуговых замыканиях в электрических сетях с компенсацией емкостных токов<br>Вайнштейн Р.А., Шестакова В.В., Юдин С.М. | 189 | Electrical processes probability model at arching fault in electric power line with capacitive current compensation<br>R.A. Vainshtein, V.V. Shestakova, S.M. Yudin |
| Вероятностная настройка ступенчатых токовых релейных защит<br>Шмойлов А.В.  | 194 | Probabilistic adjustment of stepped current relay protection<br>A.V. Shmoilov   |
| Совершенствование практических расчетов надежности схем электрических соединений<br>Кривова Л.В., Шмойлов А.В.  | 199 | Practical calculations improvement of schemes reliability of electric connection<br>L.V. Krivova, A.V. Shmoilov   |
| Энергоэффективные системы генерирования электроэнергии для автономных ветроэлектростанций<br>Лукутин Б.В., Лукутин О.Б., Шандарова Е.Б.                               | 203 | Power-efficient generation systems of electric energy for self-supporting wind-driven electric power station<br>B.V. Lukutin, O.B. Lukutin, E.B. Shandarova         |
| Всережимные математические модели линий электропередачи<br>Гусев А.С., Свечкарев С.В., Плодистый И.Л.   | 206 | Fully-variable mathematical model of electrical power lines<br>A.S. Gusev, S.V. Svechkarev, I.L. Plodisty   |
| Адаптируемая математическая модель систем возбуждения синхронных машин<br>Гусев А.С., Свечкарев С.В., Плодистый И.Л.  | 211 | Adjusting mathematical model of synchronous machines excitation system<br>A.S. Gusev, S.V. Svechkarev, I.L. Plodisty  |
| Математическая модель первичных двигателей синхронных генераторов<br>Гусев А.С., Свечкарев С.В., Плодистый И.Л.   | 216 | Prime engine mathematical model of synchronous generators<br>A.S. Gusev, S.V. Svechkarev, I.L. Plodisty   |
| <b>СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ</b>   |     | <b>SOCIAL-ECONOMICAL SCIENCES AND HUMANITIES</b>  |
| Технико-экономические аспекты энергообеспечения изолированных потребителей<br>Суржикова О.А., Никулина И.Е.   | 223 | Technical and economical aspects of energy supply for isolated consumers<br>O.A. Surzhikova, I.E. Nikulina  |
| Бизнес-процессы диспетчеризации электропотребления промышленного предприятия в рыночных условиях<br>Собина Н.П., Титаренко А.В., Хрущев Ю.В.                          | 227 | Business processes of electricity demand scheduling of industrial enterprise within market environment<br>N.P. Sobina, A.V. Titarenko, Yu.V. Khrushchev             |
| Роль топливно-энергетического баланса в программе энергетической эффективности Томской области<br>Климова Г.Н.  | 232 | Energy balance role in energy efficiency program in Tomsk region<br>G.N. Klimov   |
| Менеджмент научно-исследовательской работы студентов Электротехнического института Томского политехнического университета<br>Космынина Н.М.                           | 236 | Management of scientific and research work of student of TPU Electrical Engineering Department<br>N.M. Kosmyrnina   |
| Планирование численности кадрового резерва университета<br>Боровиков Ю.С., Волков Ю.В., Долматов О.Ю., Мочалина Т.А.  | 239 | Planning of the university personnel reserve<br>Yu.S. Borovikov, Yu.V. Volkov, O.Yu. Dolmatov, T.A. Mochalina   |
| <b>СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ТПУ</b>   |     | <b>TPU HISTORY PAGES</b>  |
| Основоположник томской научной школы импульсной электромеханики (к 85-летию со дня рождения Г.А. Сипайлова)<br>Бекишев Р.Ф., Цукублин А.Б.                            | 243 | The founder of Tomsk scientific school of impulse electromechanics (to the 85 <sup>th</sup> anniversary of G.A. Sipailov)<br>R.F. Bekishev, A.B. Tsukublin          |
| История возникновения и развития кафедры начертательной геометрии и графики ТПУ<br>Степанов Б.Л.  | 245 | History and development of TPU department of perspective geometry and graphics<br>B.L. Stepanov   |
| <b>РЕФЕРАТЫ СТАТЕЙ</b>  | 253 | <b>SUMMARIES</b>  |